云 南 植 物 研 究　1997; 19(4): 387～390
Acta Botanica Yunnanica

厚囊蕨类植物 VA 菌根的初步研究 *

赵之伟　杜 刚
(云南大学生物系, 昆明 650091)

摘要　对 10 种厚囊蕨类植物的 VA 菌根状况以及这些植物根际土壤中的 VA 菌根真菌进行了研究,结果发现 10 种植物的根部全部感染有 VA 菌根。从这 10 种植物的根际土壤中分离鉴定了分属于 3 个属的 9 种 VA 菌根真菌,其中,球囊霉属和无梗囊霉属真菌是这些植物根际土壤中的优势类群。VA 菌根对厚囊蕨类植物的进化可能具有重要的意义。

关键词　厚囊蕨, VA 菌根, 进化

STUDY ON THE VA* MYCORRHIZA OF EUSPORANGIATE PLANTS

Zhao Zhiwei, Du Gang
(*Department of Biology, Yunnan University,* Kunming 650091)

Abstract　This paper studied the VA mycorrhiza of 10 Eusporangiate plants associated with the VA mycorrhiza fungi in their rhizospheres. It was found that 10 Eusporangiate plants were all mycorrhized with VA mycorrhizal fungi,and 9 species of VA mycorrhizal fungi were isolated from the rhizosphere soil of the 10 Eusporangiate plants. Among them, *Glomus* and *Acaulospora* were the dominant fungi. VA mycorrhiza may play an important role in the evolution of Eusporangiate plants.

Key words　Eusporangiate, VA mycorrhiza, evolution

VA 菌根(Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza)是普遍存在于维管束植物中的真菌与植物形成的共生体,它对于植物的营养、适应和进化等都有十分重要的意义(Trapppe, 1987)。近二十年来, 国内外对 VA 菌根的研究报道很多, 但主要是集中在农作物和经济林木等方面(郭秀珍等, 1989)。关于蕨类植物的 VA 菌根,国内尚未见研究报道; 国外在七、八十年代曾有人做过少量的普查工作, 但却没有对 VA 菌根真菌进行分离鉴定工作(Shannon *et al*, 1982; Cooper, 1976)。

厚囊蕨类植物是一类起源古老的植物 , 在植物的系统演化中占有重要的位置。有人(Pirozynski *et al*, 1975)曾提出植物在陆地上的定居只有通过一种半水生的古代藻类和一种水生真菌建立起联合共生关系才有可能, 这种陆生植物菌根营养起源的假说得到了大量事实的支持(Simon *et al*, 1993; Knoll, 1992; Trappe, 1987)。在泥盆纪早期的裸蕨类植物莱尼蕨 (*Rhynia*)和星木(*Asteroxylon*)化石的根茎中普遍发现了古蕨类植物与真菌形成的共生联合体(Simon *et al*, 1993; Shannon *et al*, *1982);* 经过几亿年的演化, 现存

* 国家自然科学基金资助课题(39360018)
1996-08-23 收稿, 1996-09-16 接受发表

的厚囊蕨类植物只是一些孑遗种类，数量很少；有关这些植物的VA菌根的研究报道极少。本文对10种厚囊蕨类植物的VA菌根状况、植物根际土壤中的VA菌根真菌进行了调查研究，并对VA菌根在厚囊蕨类植物中的进化意义进行了探讨。

1 材料和方法

1.1 样品采集

采取野外自然生长或从野外移栽到温室内栽培一年以上的厚囊蕨类植物的根样和根际土样(植物和采集地点见表1)；根、土样分别按下述处理。

1.2 样品处理

(1) 根样处理　新鲜根样剪成1～3 cm的小段放于装有1／2 FAA固定液(福尔马林5 mL,冰醋酸5 mL, 70%乙醇90 mL, 用时用蒸馏水稀释一倍即为1／2 FAA)的青霉素小瓶中带回室内(样品于冰箱中可以长期保存)；然后按Shannon等人(1982)的方法进行碱解，染色制片，检查根部的感染情况。

(2) 土样处理　用湿筛法(程桂荪, 1986)对根际土样进行湿筛处理，从中分离得到VA菌根真菌的孢子和孢子果。

表1　10种厚囊蕨类植物的VA菌根状况及其根际土壤中的VA菌根真菌

Table 1　The states of VA mycorrhiza of 10 Eusporangiate plants associated with the VA mycorrhizal fungi in their rhizosphere soil

植物名称	采集地点	根际土壤中的VA菌根真菌
心脏叶瓶尔小草 *Ophiogolossum reticulatum* L.	昆明西山	薄壁球囊霉 *Glomus leptotichum* Schenck & Smith 棒孢硬囊霉 *Sclerocystis clavispora* Trappe
狭叶瓶尔小草 *Ophiogolossum thermale* Kom.	昆明植物研究所	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 摩西球囊霉 *G. mosseae* (Nicol.& Gerd.) Gerd. & Trappe 詹氏球囊霉 *G. gerdemannii* Rose, Daniels & Trappe
二回原始观音座莲 Archangiopteris bipinnata Ching	马关；温室	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 瘤状无梗囊霉 Acaulospora tuberculata Janos & Trappe
亨利原始观音座莲 *Archangiopteris henryi* Christ et Gies	屏边；温室	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 双网无梗囊霉 *Acaulospora bireticulata* Rothw. & Trappe
河口原始观音座莲 *Archangiopteris hokouensis* Ching	河口；金平；温室	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 双网无梗囊霉 *Acaulospora bireticulata* Rothw. & Trappe
圆基原始观音座莲 *Archangiopteris subrotundata* Ching	西畴；温室	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 双网无梗囊霉 *Acaulospora bireticulata* Rothw. & Trappe
披针观音座莲 *Angiopteris caudatiformis* Hieron	绿春；勐仑植物园	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 大轴球囊霉 *Glomus magnicaule* Hall
河口观音座莲 *Angiopteris hokouensis* Ching	温室	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 双网无梗囊霉 *Acaulospora bireticulata* Rothw. & Trappe 细凹无梗囊霉 *A. scrobiculata* Trappe 瘤状无梗囊霉 *A. tuberculata* Janos & Trappe
王氏观音座莲 *Angiopteris wangii* Ching	温室	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 双网无梗囊霉 Acaulospora bireticulata Rothw. & Trappe
云南观音座莲 *Angiopteris yunnanensis* Hieron	温室	单孢球囊霉 *Glomus monosporum* Gerd. & Trappe 双网无梗囊霉 *Acaulospora bireticulata* Rothw. & Trappe

1.3 VA菌根真菌的鉴定

按照Morton(1988)介绍的方法，参考Hall(1984)和Trappe(1982)的两个检索表以及“Mycologia”和

"Mycotaxon"迄今已发表的有关分类单元进行 VA 菌根真菌的鉴定。

2 结 果

10 种厚囊蕨类植物全部被 VA 菌根真菌感染形成典型的 VA 菌根(图版 Ⅰ: 1,2)。其中, 圆基原始观音座莲(*Archangiopteris subrotundata* Ching), 二回原始观音座莲(*A. bipinnata* Ching)和亨利原始观音座莲(*A. henryi* Christ et Gies)受感染的程度最高, 且均形成泡囊(图版 Ⅰ: 1)和丛枝(图版 Ⅰ: 2)。有时在圆基原始观音座莲、亨利原始观音座莲和披针观音座莲(*Angiopteris caudatiformis* Hieron)的根组织中还会发现有 VA 菌根真菌的孢子(图版 Ⅰ: 3)。瓶尔小草属的两个种只在根组织中形成大量的丛枝, 而见不到泡囊和孢子。从外观上看, 10 种厚囊蕨类植物的根均为肉质根, 分枝少, 无根毛或根毛不发达, 被 VA 菌根感染后通常呈褐色,未被感染时呈白色。

从 10 种厚囊蕨的根际土壤中分离鉴定出了属于 3 属 9 种的 VA 菌根真菌(表 1; 图版 Ⅰ:4～9)。关于这 9 种真菌的形态描述和分类鉴定将另外报道。

2 讨 论

厚囊蕨类植物曾在古生代中后期在地球上盛极一时, 现存的厚囊蕨类植物无论种类、数量和分布范围都远远不如薄囊蕨类植物, 但 VA 菌根这一生物学特性却在这一类群的植物中得以保存下来, 而在薄囊蕨中, 根据作者对 30 多种薄囊蕨类植物的调查, 具 VA 菌根者大约仅为 25%; 厚囊蕨类植物中肉质, 分枝少, 根毛不发达的根系也被薄囊蕨中木质化, 分枝多, 根毛发达的根系取代。根据现行的蕨类植物各大类群的演化关系并参考有关的化石资料, 可以初步认为 VA 菌根在蕨类植物中属于一个原始的生物学性状, 这一植物在进化中"意外"获得的生物学性状曾使其在进化上获得优势而在地球上繁荣(Pirozynski *et al,* 1975), 但随着地球化学进化和蕨类植物的早期内部分化, VA 菌根这一生物学性状已逐渐失去其进化方面的优势而在薄囊蕨中逐渐被遗弃, 但在厚囊蕨中却得以保留, 并继续在营养、适应和进化方面起着重要作用。因此, 今天在对厚囊蕨类植物进行移栽、迁地保护时, VA 菌根是应该考虑的问题之一。

VA 菌根真菌与植物形成的共长关系, 其专一性并不强, 一种 VA 菌根真菌可以存在于好几种植物的根际土壤中, 如本研究中的单孢球囊霉(*Glomus monosporum* Gerdemann & Trappe),双网无梗囊霉(*Acaulospora bireticulata* Rothw & Trappe)等; 同样, 一种植物的根际土壤中, 也可以存在几种甚至是几个属的 VA 菌根真菌(表 1)。由于 VA 菌根真菌目前尚难于在实验室中进行纯培养, 厚囊蕨类植物的无菌实生苗培养也难于成功, 因此, 本项研究尚不能确定感染厚囊蕨类植物形成 VA 菌根的真菌与植物之间的一一对应关系, 但从所分离鉴定的厚囊蕨类植物根际土中的 VA 菌根真菌看, 球囊霉属(*Glomus*)和无梗囊霉属(*Acaulospora*) 的真菌是优势类群。

致谢 本文所用的植物材料全部由我校生态学和地植物学研究所朱维明教授、张光飞、和兆荣同志采集提供(狭叶瓶尔小草由该所陆树刚先生帮助鉴定); 在研究过程中得到朱维明教授的热情鼓励和支持; 文稿蒙朱维明教授审阅并提宝贵意见。

参 考 文 献

郭秀珍、毕国昌编著, 1989. 林木菌根及应用技术. 北京: 中国林业出版社

程桂荪, 1986. 土壤中 VA 菌根孢子数检测法. 微生物学通报, **13**(4): 169

Cooper K M, 1976. A field survey of mycorrhizas in New Zealand ferns. *N Z J Bot*, 14: 169

Hall I R , 1984. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi. In: Powell C L, Bagyaraj D J, ed. VA Mycorrhiza. Florida: CRC Press, 57

Knoll A H, 1992. The early evolution of eucaryotes: a geological perspective. *Science*, **256:** 622

Morton J B, 1988. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi: classification, nomenclature, and identification. *Mycotaxon*, **32:** 267

Pirozynski K A, Malloch D W, 1975. The origin of land plants: a matter of mycotrophism. *Biosystem*, **6:** 153

Shannon M B, Kendrick B, 1982. Vesicular-Arbuscular mycorrhizae of southern Ontario ferns and fern-allies. *Mycologia*, **74**(5): 769

Simon L, Bousquet J, Levesque R C *et al*, 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal fungi and coincidence with vascular land plants. *Nature*, **363:** 67

Trappe J M, 1987. Phylogenetic and ecologic aspercts of mycotrophy in theangiosperms from an evolutionary standpoint. In: Safir G R ed. Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants. Florida: CRC Press, 224

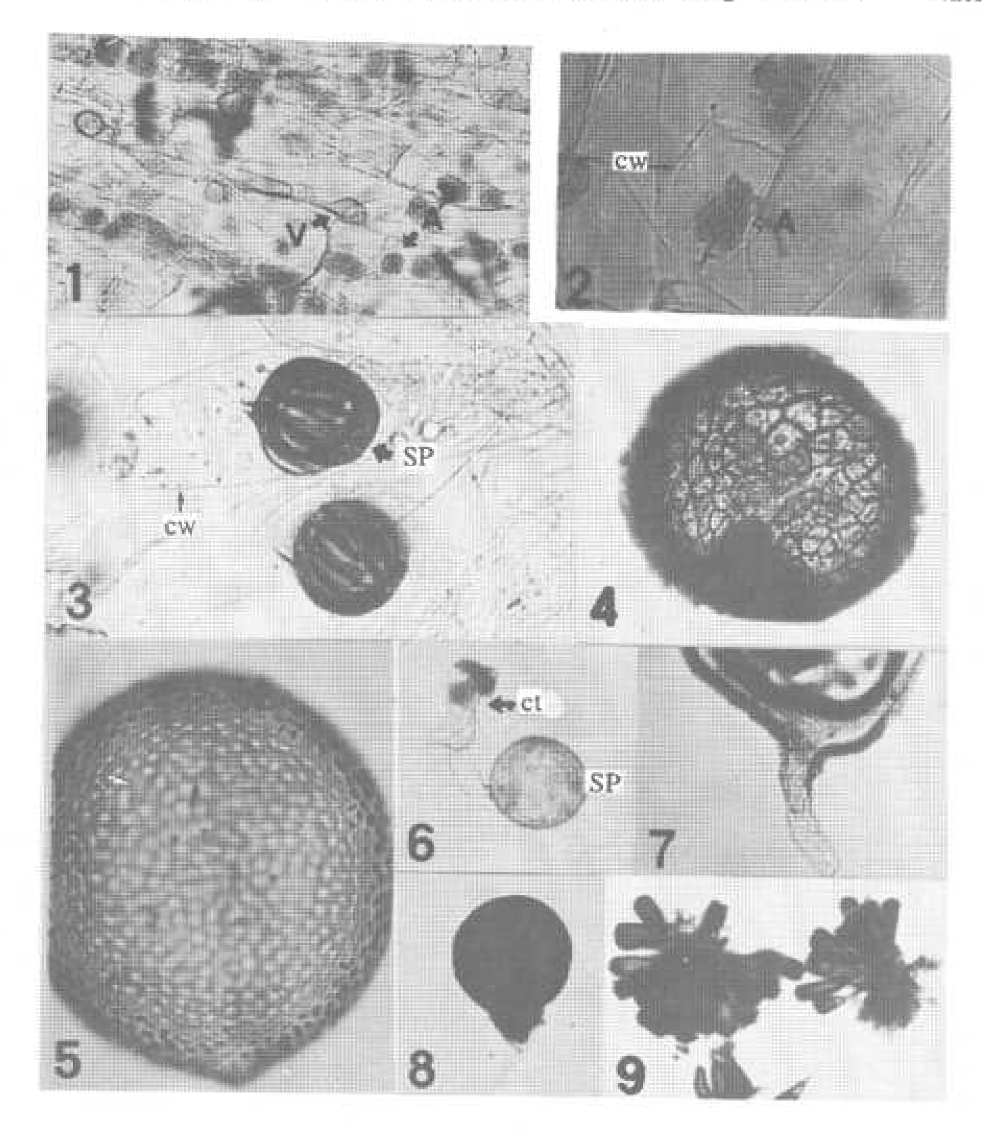
Trappe J M, 1982. Synoptic keys to the genera and species of zygomycetous mycorrhizal fungi. *Phytopath*, **72**(8): 1102

图版 I 说明

1. 被 VA 菌根真菌感染的圆基原始观音座莲的根组织。泡囊(V)和丛枝(A), ×80; 2. 在圆基原始观音座莲根组织中形成的丛枝(A),根细胞的细胞壁(cw), ×200; 3. 在亨利原始观音座莲根组织中形成的 VA 菌根真菌的孢子(sp),根细胞的细胞壁(cw), ×300; 4. 从圆基原始观音座莲根际土壤中分离到的双网无梗囊霉的孢子, ×350; 5. 从河口观音座莲根际土壤中分离到的细凹无梗囊霉的孢子, ×350; 6. 从河口观音座莲根际土壤中分离到的瘤状无梗囊霉的孢子, ×350, 萎缩的球形菌丝顶格(ct), ×80; 7. 从狭叶瓶尔小草根际土壤中分离得到的摩西球囊霉的孢子, ×340; 8. 从王氏观音座莲根际土壤中分离得到的单孢球囊霉的孢子, ×80; 9. 从心脏叶瓶尔小草根际土壤中分离得到的棒孢硬囊霉的孢子果(切面)及孢子, ×50

Explanation of plate I

1. The root of *Archangiopteris subrotundata* Ching infected by VA mycorrhizal fungi. Vesicle(V) and arbuscular(A), ×80; 2. Arbuscular(A) formed in the root of *Archangiopteris subrotundata* Ching, cell wall of the root cell (cw), ×200; 3. VA mycorrhizal fungi spores (sp) formed in the root of *Archangiopteris henryi* Christ et Gies, cellwall of the root cell (cw), ×300; 4. The spore of *Acaulospora bireticulata* Rothw & Trappe isolated from the rhizosphere soil of *Archangiopteris subrotundata* Ching, ×350; 5. The spore of *Acaulospora scrobiculata* Trappe isolated from the rhizosphere soil of *Angiopteris hokouensis* Ching, ×350; 6. The spore of *Acaulospora tuberculata* Janos & Trappe isolated from the rhizosphere soil of *Angiopteris hokouensis* Ching, and the clapsed terminus (ct), ×80.7 The spore of *Glomus mosseae* (Nicol. & Gerd.) Gerdemann & Trappe isplated from the rhizosphere soil of *Ophiogolossum thermale* Kom. ×340; 8 The spore of *Glomus monosporum* Gerdemann et Trappe isolated from the rhizosphere soil of *Angiopteris wangii* Ching, ×80; 9 The sporocarp (cross-section) and spore of *Sclerocystis clavispora* Trappe isolated from the rhizosphere soil of *Ophioglossum reticulata* L. ×50



See explanation at the end of text